

**KOHÄRENZ, FREQUENZ UND INTENSITÄT
IM ELEKTROENCEPHALOGRAMM VON KINDERN
IN KORRELATION ZUR INTELLIGENZ**

Norbert Schröder

1977

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Abteilung für psychiatrische Neurophysiologie und EEG-Diagnostik (Prof. Dr. J. Kugler), der Psychiatrischen Klinik (Prof. Dr. H. Hippus) und der Kinderpoliklinik (Prof. Dr. H. Spiess) der Universität München

KOHÄRENZ, FREQUENZ UND INTENSITÄT IM ELEKTROENCEPHALOGRAMM VON KINDERN IN KORRELATION ZUR INTELLIGENZ

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt
von
Norbert Schröder

aus Augsburg
München 1976

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. J. Kugler

Mitberichterstatter: Prof. Dr. H. Spieß

Dekan:

Tag der mündlichen Prüfung: 25.1.1977



Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	1
1.1. Sprachentwicklung und Stammeln	1
1.2. Intelligenzentwicklung	4
1.3. Zusammenhänge zwischen Intelligenz und Sprachstörung	5
2. Methode	7
2.1. Material	7
2.2. Elektroencephalograph	9
2.3. EEG-Analysator	12
2.4. Intelligenzmessung	23
2.5. Hypothesen	24
3. Ergebnisse	26
3.1. Mittelwerte der dominierenden Fre- quenzen	26
3.2. Korrelation zwischen der dom. Fre- quenz und Werten der Intelligenz- leistung	27
3.3. Die maximale Kohärenz und die Kohärenz bei maximaler Intensität	28
3.4. Korrelation zwischen der max. Kohärenz und der Kohärenz bei max. Intensität und Werten der Intelligenzleistung	29

	Seite
3.5. Darstellung der relativen Intensitäten	33
3.6. Korrelation zwischen der relativen Intensität und Werten der Intelligenzleistung	34
4. Diskussion	37
5. Zusammenfassung	42
6. Literatur	43
7. Anhang	48

1. EINLEITUNG

1.1. Sprachentwicklung und Stammeln

Die genauen Zusammenhänge zwischen allgemeiner motorischer Entwicklung und Entwicklung der Sprache sind noch unbekannt. Man weiß bloß, daß der Spracherwerb eng mit anderen Entwicklungsvorgängen verknüpft ist. Man hat morphologische und physiologische Korrelate dazu beobachtet. So ist die neuromuskuläre Entwicklung des laryngopharyngealen und oralen Bereiches und die willentliche Steuerung der Atmung eine wesentliche Voraussetzung für die geordnete Abfolge von Sprachlauten. Das cerebrospinale Neurensystem (STOCHDORPH 1973) des Menschen zeigt ja im Vergleich zu den Primaten mehrere Neubildungen, die eng mit der Sprache zusammenhängen.

1. Die Dominanz einer Hemisphäre (Lateralisation);
2. die Polarisation zwischen vorne und hinten innerhalb einer Hemisphäre (CRITCHLEY 1962, MILNER 1962 und WEINSTEIN 1962). Obwohl man "Sprachzentren", wie die von Broca und Wernicke und die Rolando'sche Furche, kennt, ist nach LENNEBERG (1972) der Beweis für ein absolutes Sprachzentrum noch nicht erbracht; "vielmehr sei wahrscheinlich, daß Sprache auf die

besondere Weise zurückzuführen ist, in der die verschiedenen Teile des Gehirns zusammenwirken".

Bei den physiologischen Korrelaten, die erfüllt sein müssen, um Sprache möglich zu machen, sollen nur die neurophysiologischen Aspekte und deren Reifung hervorgehoben werden, während auf andere Parameter, wie Atemanpassung, Spracherzeugung und Sprachwahrnehmung (in RANKE und LULLIES 1953, LUCHSINGER und ARNOLD 1970) nicht weiter eingegangen wird. Die neurophysiologische Entwicklung ist in mehreren Einzeluntersuchungen erforscht worden. SCHADÉ und VAN GROENINGEN (1961) zeigten, daß die Neuronendichte der Hirnrinde in Abhängigkeit von dem Maß, in dem das Gehirn sich mit zunehmenden Alter ausdehnt, abnimmt. Die chemischen Zusammenhänge der menschlichen Großhirnrinde als Funktion des Alters ist von BRANTE (1949) und FOLCH-PI (1955) genauer untersucht worden. Arbeiten, die die Frequenz der Hirnwellen in Beziehung zum Alter aufzeigen, sind veröffentlicht. (LINSLEY 1939, SMITH 1941 und GIBBS und KNOTT 1949) Alle diese Untersuchungen der Hirnreifung zeigen eine rasche Entwicklung im ersten Lebensjahr. Um den Zeitpunkt des Sprachbeginns, etwa mit zwei Jahren, sind 60 % der Reifungswerte erreicht. Danach verlangsamt sich die Entwicklung und die Kurven nä-

hern sich ab dem etwa 12. Lebensjahr, dem Zeitpunkt, zu dem primärer Spracherwerb nicht mehr möglich ist (LENNEBERG 1972), einer Asymptote. Nach LUCHSINGER (1970) ist Stammeln die Unfähigkeit, bestimmte Laute oder Lautverbindungen auszusprechen oder richtig zu bilden, wie es die Gesetze der verwendeten Sprache vorschreiben. Stammeln imponiert somit als Artikulationsschwäche. Es können einzelne Konsonanten, Silben und/oder Worte nicht oder nicht richtig gebildet werden. Einzelne Konsonanten werden ausgelassen, eventuell durch andere ersetzt; z.B. Blot-Brot, sön-schön. Mit einem einzigen Wort drücken Stammerler mehrere Satzbedeutungen aus; z.B. ässe- man kann es oder ich will es. Sie prägen selbst Ausdrücke, indem sie Geräusche, Tätigkeiten und Zweck eines Gegenstandes für dessen Benennung gebrauchen; z.B. snidi-schreiben, sribi-schreiben. Beispiele von J. KRAMER (1959). Motorische wie sensorische Retardierung, genetisch oder erworben, können Ursache einer zentralen Sprachstörung, wie dem Stammeln, sein. Nach einer Arbeit von GUTZMANN (1924) sollen bis zu 40 % aller Dysphasien genetischer Herkunft sein. Aber auch Geburtsschäden, langwierige Infektionskrankheiten usw. sind als Ursachen von Sprachstörungen bekannt. Umwelteinflüsse, wie Vernachlässigung, lieblose Behand-

lung, mangelnde Anregung zum Sprechen usw., sowie ungünstige soziale Umstände (WEAVER, FURBEE and EVERHART 1960) sind am Entstehen der Dyslalie mitbeteiligt.

1.2. Intelligenzentwicklung

Graphische Darstellungen von Entwicklungsverläufen der Intelligenz sind in der Literatur zahlreich zu finden. Daß die Erstellung der Daten für diese Kurven mit methodischen Schwierigkeiten verbunden ist, zeigen manche Verlaufskurven der Intelligenzentwicklung, die entsprechend dem angewandten Testverfahren und seiner Auswertung verschieden ausfallen. (UNDEUTSCH 1958). Vernachlässigt man die Unterschiede der Reliabilität der Instrumente und Methoden und die Variabilität der Stichproben, so zeigt sich ein einheitliches Muster (BLOOM 1971). An Hand von Kurven von BAYLEY 1949, THURSTONE 1928, THORNDIKE 1927, HEINIS 1924, kann gezeigt werden, daß von der Intelligenz im Alter von 17 Jahren (Intelligenzwert mit 17 Jahren wird mit 100 % angesetzt), etwa 50 - 60 % zwischen Geburt und 4. Lebensjahr entwickelt und erreicht worden sind; etwa 30 % wurden zwischen den

Jahren 4 - 8 und 20 % zwischen 8 und 17 Jahren dazu-
gewonnen.

1.3. Zusammenhänge zwischen Intelligenz und Sprach- störung

Das Alter beim Gehen- und Sprechenlernen in Beziehung zur Intelligenz wurde 1916 von CYRUS untersucht. Normal entwickelte Kinder gehen und sprechen früher, verfügen über eine schnellere Auffassungsgabe und ein besseres Gedächtnis. A. BUSEMANN (1959) stellte eine ganze Palette intellektueller Minderbegabungen und ihrer Zusammenhänge mit Sprachstörungen auf. So sind bei diesen Patienten unter anderem Störungen der Gegenstandswahrnehmung und Merk-, Zähl-, Farbwahrnehmungs- und Denkschwäche zu beobachten. MAC ALLISTER (1937) fand bei 35 Stammlern 22 mit unterdurchschnittlicher und 13 mit mittlerer Begabung, aber keine mit überdurchschnittlicher Begabung. Die Ähnlichkeit des zeitlichen Entwicklungsablaufes der Sprach- und der Intelligenzentwicklung in Abhängigkeit vom Alter weisen auf eine Interferenz hin.

Unter dem Aspekt der intellektuellen Minderbegabung bei sprachgestörten Kindern untersucht die vorlie-

gende Arbeit EEG Parameter von Stammlern und Kontrollkindern in Korrelation zu ihren Intelligenzleistungen.

2. METHODE

2.1 Material

2.1.1. Stammler

Zur Untersuchung wurden uns 34 Buben und Mädchen im Alter 5 - 7 Jahren von der Sprachheilschule in der Blumenstraße in München überwiesen. Alle Kinder waren schon seit geraumer Zeit wegen zentraler Sprachstörung (Stammeln) und allgemeinen Entwicklungsrückständen klinisch bekannt, und fortgesetzt kontrolliert worden. Die Altersverteilung zum Zeitpunkt der Computeranalyse:

Perzentilen: P_{90} 5;2 P_{50} 6;2 P_{10} 7;2 J.

Um den Vergleich zu Kontrollgruppen zu ermöglichen wurden Altersgruppen gebildet.

	Jahre	$\bar{x}$	n
1. Gr.	5 4;6 - 5;5	5;1	4
2. Gr.	6 5;6 - 6;5	6;1	22
3. Gr.	7 6;6 - 7;5	6;10	8

2.1.2. Kontrollkinder (KK)

Wir konnten 25 Kinder für die Kontrollgruppen gewinnen. Es handelte sich dabei um Buben und Mädchen, bei denen die Anamnese nichts bot, was für einen Entwicklungsrückstand oder/und zentrale Sprachstörung gewertet werden hätte können.

Es ergaben sich hier folgende Alters- und Häufigkeitsverteilungen:

	Jahre		$\bar{x}$	n
1a Gr.	3-4	2;6 - 4;5	3;6	6
1. Gr.	5	4;6 - 5;5	5;0	4
2. Gr.	6	5;6 - 6;5	5;11	6
3. Gr.	7	6;6 - 8;5	7;4	9

Die Gruppen der 5, 6 und 7jährigen standen zum direkten Vergleich mit denen der Stammler zur Verfügung. Die 3 - 4jährigen wurden zur Entwicklungsverlaufs kontrolle herangezogen.

Perzentilen: P_{90} 3;4 P_{50} 5;9 P_{10} 7;2 J.

2.2. Elektroencephalograph

Alle Untersuchungen wurden in einem Raum, der für klinische EEG Routineableitungen in Gebrauch ist, durchgeführt. Alle zugleich zur Registrierung gebrauchten Geräte wurden durch eine gemeinsame Erdung verbunden, um Wechselstromstörungen auf ein Minimum zu reduzieren. Die Kinder wurden zur Ableitung horizontal auf ein Untersuchungsbett gelagert. Sie erhielten eine Nackenrolle, um die okzipitalen Oberflächenableitungen störungsfrei zu halten. Die Zuleitungskabel für die Elektrodenanschlüsse wurden möglichst kurz gehalten. Es wurden Brückenelektroden mit einer Gummihaube verwendet. Ihre Anordnung entsprach den Vorschriften nach G. Walter (siehe Abb. 1 und 2).

Abgeleitet wurde auf einem 8 Kanal Poligraphen der Firma Schwarzer. Für alle Ableitungen wurde eine Verstärkung von 50 Mikrovolt gleich 5 mm Eichzacke gewählt. Die obere Grenzfrequenz wurde auf 30 Hz begrenzt. Um Bewegungsartefakte für die EEG-Computeranalyse gering zu halten, wurde die Zeitkonstante für die parietookzipitalen Ableitungen links und rechts mit 0,1 eingestellt. Für alle übrigen Ableitungen betrug die Zeitkonstante 0,3. Der Papiervor-

schub betrug 30 mm pro Sekunde (Beispiele Abb. 1 und 2)

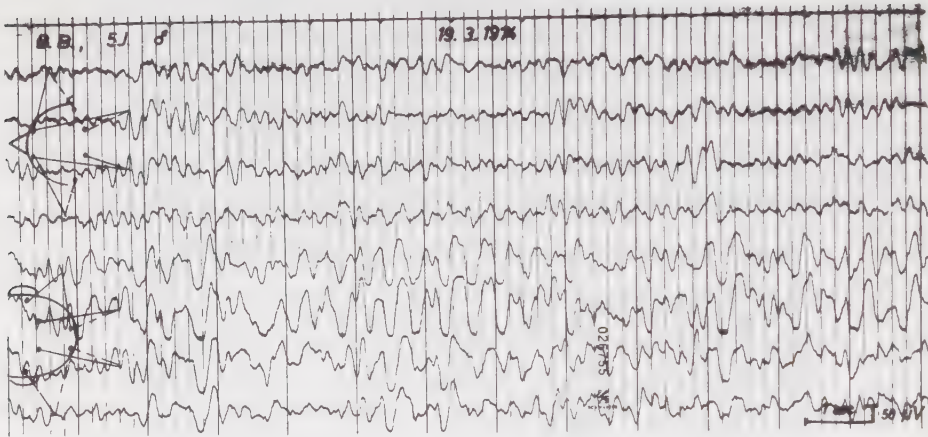


Abb. 1: 5jähriges Kind mit starkem Stammeln, Dysgramatismus und einem IQ (PTI) von 71, CMM-IQ von 39 (Alter 4;6); mittelgradige motorische Behinderung (Rückstand 1 1/2 Jahre). Leicht abnormes EEG mit dominierenden 6/sec-Tätigkeit, einzelnen 9/sec und unterlagerten 3-4/sec bis max. 300 μ V und unzureichender zeitlicher Gliederung.

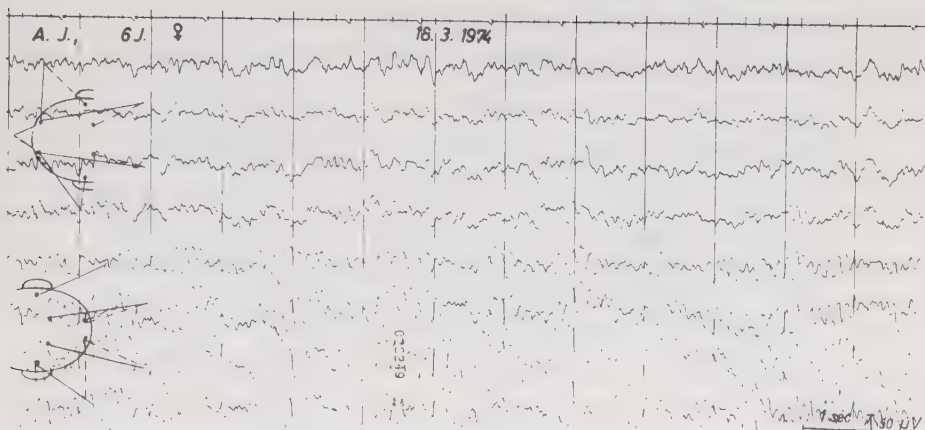


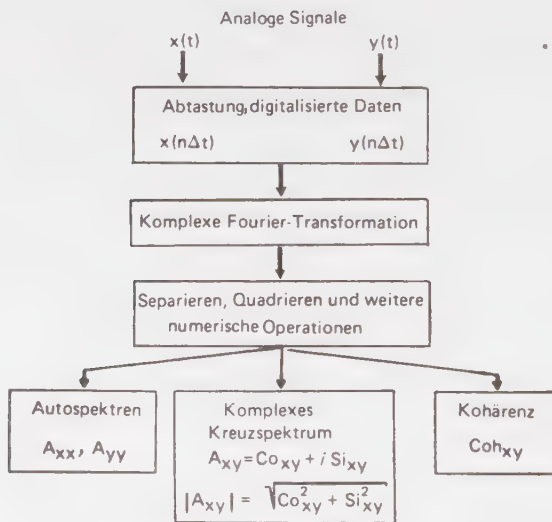
Abb. 2: 6jähriges Kind mit mäßigem Stammeln, normaler Intelligenz und geringer motorischer Retardierung. Altersentsprechendes EEG mit einer guten topographischen und zeitlichen Gliederung der Grundtätigkeit mit dominierender okzipitaler 9/sek Alpha-Tätigkeit.

2.3. EEG-Analysator

2.3.1. Arbeitsweise

Das Analyse-Programm führt auf 8 parallel abgeleiteten EEG Spuren eine Spektralanalyse in Echtzeit (d.h.: im Zeitmaß des zu analysierenden Prozesses) durch. Dadurch wurden Leistungsspektren der cerebralen Grundaktivität im Bereich von 0 - 32 Hz in einem Zeitraum von 2 Minuten gemessen.

Abb. 3 zeigt den Ablauf der Spektralanalyse in schematischer Form.



Gewinnung der Auto- und Kreuzspektren

Die analogen Signale wurden mit einer Abtastfrequenz von 64 Hz, bzw. dem ganzzahligen von ihr abgetastet. Je $256 = 2^8 = N$ aufeinanderfolgenden Abtastpunkte $X(k)$ einer Spur bilden ein Segment, das einer Zeitdauer von 4 sek entspricht. Nach Digitalisierung werden die analogen Signale einer komplexen Fouriertransformation unterworfen (P.J. NICOLSON 1971 und J.W. COOLEY and J.W. TUKEY 1965). Diese Transformation erfolgte für die Spektraldarstellung nach folgender Formel.

$$A(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k) \cdot e^{-\frac{2\pi i n k}{N}} \quad n=0,1,\dots,N-1$$

Hierbei wurden zwei Abtastwerte (z.B. aus zwei benachbarten EEG Spuren) zu einem gemeinsamen Abtastwert zusammengefaßt, und nach der Transformation wieder getrennt. Als Ergebnis dieser numerischen Operation erhielt man eine Darstellung der Kurve im Frequenzbereich von 0 - 32 Hz. Sie ließ sich durch eine Summe von Sinus und Cosinusfunktionen $s_1(n)$, $c_1(n)$, bzw. $s_2(n)$, $c_2(n)$ der jeweils beiden beteiligten Spuren darstellen, aus denen gemäß nachstehenden Formeln die Autospektren und Kreuzspektren sowie die Kohärenzfunktionen errechnet wurden.

Autospektrum 1

$$AS_1(n) = c_1^2(n) + s_1^2(n)$$

Autospektrum 2

$$AS_2(n) = c_2^2(n) + s_2^2(n)$$

Realteil des Kreuzspektrums

$$\text{Re}(KS(n)) = c_1(n) \cdot c_2(n) + s_1(n) \cdot s_2(n)$$

Imaginärteil des Kreuzspektrums

$$\text{Im}(KS(n)) = c_1(n) \cdot s_2(n) + s_1(n) \cdot c_2(n)$$

Betrag des Kreuzspektrums

$$KS(n) = \sqrt{\text{Re}^2(KS(n)) + \text{Im}^2(KS(n))}$$

Kohärenzfunktion

$$Koh(n) = \frac{KS^2(n)}{AS_1(n) \cdot AS_2(n)}$$

$$n = 0, 1 \dots \frac{N}{2}$$

2.3.2. Ausgabe der Ergebnisse

Nach beendeter Analyse von 2 Minuten (d.h.: 30 Segmente á 4 sek) wurde der gesamte, von 0-32 Hz reichende Frequenzbereich in vier konventionelle, physiologische Frequenzbänder aufgeteilt.

Delta =	B ₁	0	3,5
Theta =	B ₂	3,5	7,5
Alpha =	B ₃	7,5	12,5
Beta =	B ₄	12,5	32,0 Hz

Sodann wurden für jedes Band die Spektralparameter ermittelt.

- AUSABS: Absolute Ausprägung eines Bandes einer Spur
- AUSREL: Relative Ausprägung eines Frequenzbandes einer Spur, bezogen auf die Gesamtausprägung einer Spur
- DOMFREQ: Dominierende Frequenz innerhalb eines Bandes
- 10% - GR: 10 %-Grenze der Ausprägung eines Bandes
- 90% - GR: 90 %-Grenze der Ausprägung eines Bandes

AEQUIB: Äquivalente Bandbreite eines Bandes,
wobei die Amplitude der dominanten
Frequenz zugrunde gelegt wird.

Für diese Arbeit wurden die Werte der dominierenden
Frequenz und die der relativen Ausprägung verwendet.

Abb. 4 - 9 zeigen Auto- und Kreuzspektren sowie
Kohärenzfunktionen, dargestellt als Polygonzüge auf
einem XY-Schreiber.

Kreuz- und Kohärenzspektren wurden aus den parieto-
okzipitalen Ableitungen ermittelt (Abb. 8 und 9),
da für die Alphas-aktivität bekannt ist, daß sie in
der Hinterhauptregion dominiert. Zum anderen exi-
stiert ein, von BRAZIER 1960 erstmals beschrieben,
grundlegender dominanter Alphasrhythmus mit einer
niedrigeren Frequenz von etwa 7 Schwingungen pro
Sekunde in der tempero-parietalen Region (siehe
auch unter 1.1.). G.C. LAIRY (1975) empfiehlt den
parieto-okzipitalen Abgriff, weil die EEG-Entwick-
lung (Frequenzbeschleunigung und Amplitudenverän-
derung) bei Vorschulkindern am differenziertesten
in diesem Bereich zu erfassen ist.

2.3.3. Eichung

Die gesamte Anlage wurde biologisch geeicht. Die hierbei ermittelten Eichfaktoren gingen automatisch als Korrektur in die Analyse ein und wurden zur Kontrolle auf dem Bedienfernschreiber ausgedruckt.

2.3.4. Korrekturfunktion

Da das Segmentieren der Eingangssignale das wahre EEG Spektrum verfälscht, wurden zur Verringerung dieses Fehlers die Eingangssignale mit einer in tabellarischer Form gespeicherten Fensterfunktion multipliziert. Hierbei werden die Mittelteile eines Segmentes stärker berücksichtigt. Zur Auswahl standen mehrere Korrekturmöglichkeiten. Wir wählten das Hanning-Fenster.

$$f(x) = \frac{1}{2} (1 - \cos(2\pi x))$$

Dieser Korrekturfaktor ist in der Formel der Spektraltransformation berücksichtigt.

2.3.5. Abbruch des Programms

Der Abbruch erfolgt, wenn 12,5 % der im Eingabedialog angegebenen 30 Segmente übersteuert haben.
(Literatur: Betriebsanleitung des Biosignalprozessors)

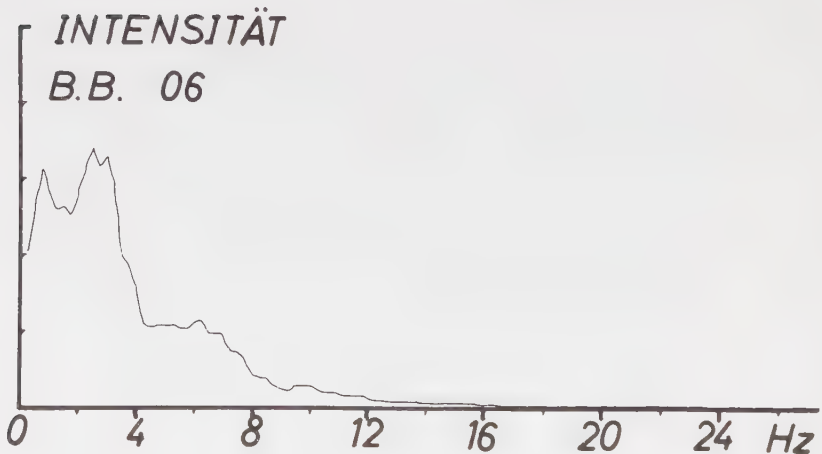


Abb. 4: Autospektrum der rechten parieto-okzipitalen Region eines fünfjährigen Kindes mit minimaler Alphaaktivität und vermehrt langsamer Wellen um 3 Hz.

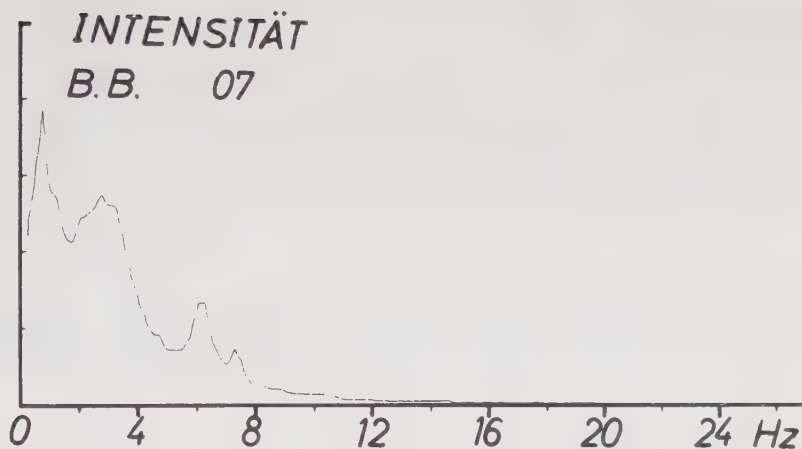


Abb. 5: Autospektrum der linken parieto-okzipitalen Region beim selben Kind (vgl. Abb. 1).
Bemerkenswert ist die größere Leistung im raschen 6/sek über der linken Hemisphäre.

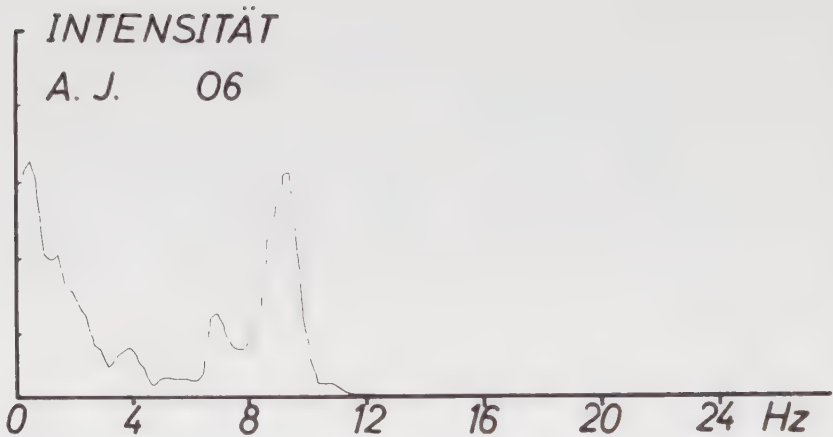
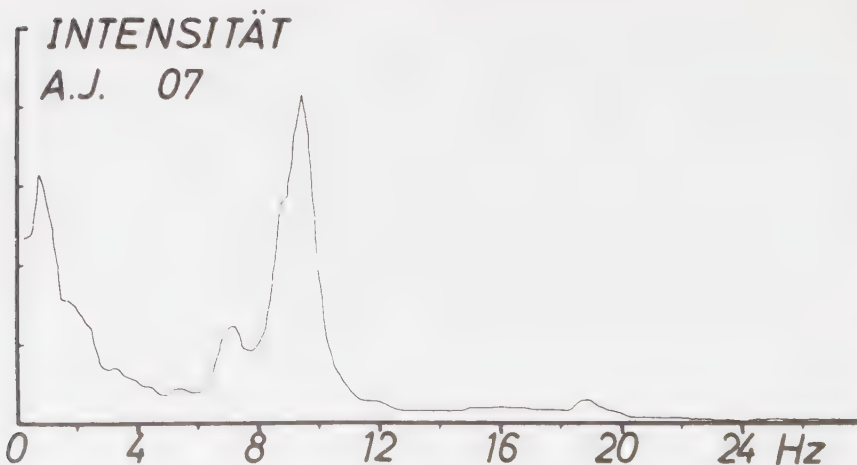


Abb. 6: Autospektrum der rechten parieto-okzipitalen Region eines sechsjährigen Kindes mit guter Alphasphäre

Abb. 7: Autospektrum der linken parieto-okzipitalen Region desselben Kindes (vgl. Abb. 2). Bemerkenswert ist die größere Leistung im Alpha-Band über der linken Hemisphäre.



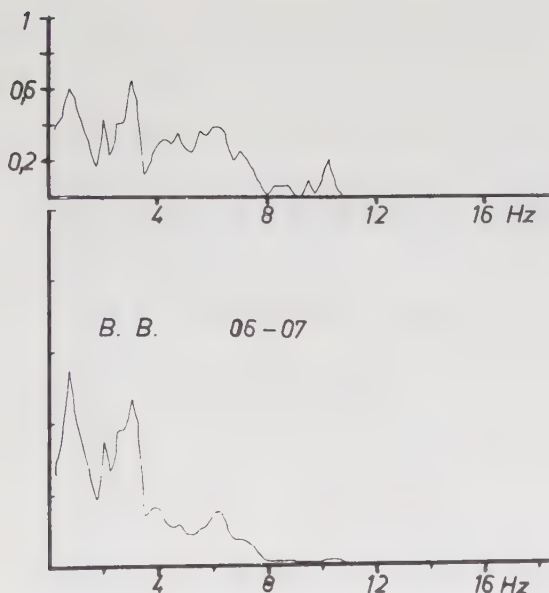


Abb. 8: unterer Teil

Kreuzspektrum der rechten und linken parieto-okzipitalen Region eines fünfjährigen Kindes mit mäßiger Alphas-aktivität und vermehrt langsamen Wellen; dazugehörige Autospektren Abb. 4 und 5. Die Ordinate kennzeichnet die Intensität.

oberer Teil

die dazugehörige Kohärenzfunktion

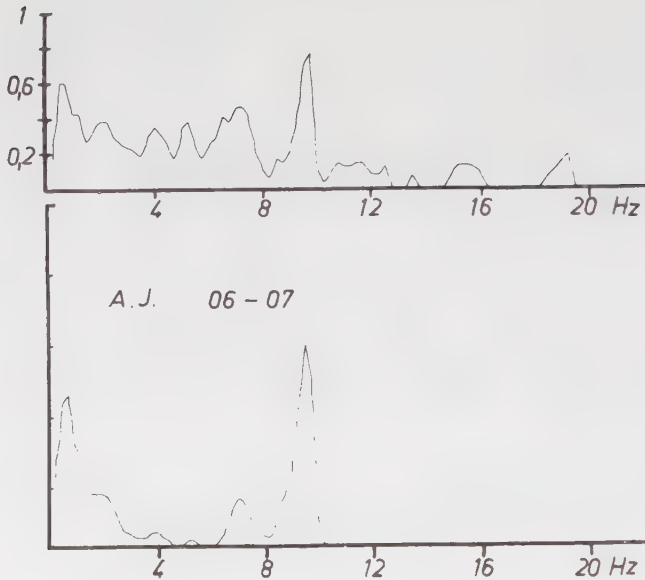


Abb. 9: unterer Teil

Kreuzspektrum der rechten und linken parieto-okzipitalen Region eines sechsjährigen Kindes mit guter Alphaaktivität; dazugehörige Autospektren siehe Abb. 6 und 7. Die Ordinate kennzeichnet die Intensität.

oberer Teil

dazugehörige Kohärenzfunktion

2.4. Intelligenzmessung

Angaben über die Leistungsunterschiede normal entwickelter Kinder zu sprachlich retardierten zu erhalten, war das Ziel bei der Auswahl des Intelligenztests. Für diesen Vergleich wurde die Columbia Mental Maturity Scale (CMMS) benutzt. Vier Gründe waren dazu maßgebend: 1. Nach D. Eggert (1972) liegt der optimale Altersbereich für die CMMS bei 3 - 10 Jahren. 2. Weder sprachliche Fähigkeiten werden gefordert, noch setzt der Test normal entwickelte Händigkeit voraus. 3. Die Arbeit von Eggert, die auch einen Vergleich der Korrelation der Rohwerte bei den 3 - 10jährigen Normalbegabten mit der gleichen Korrelation bei den geistig Behinderten erlaubt, ergab deutliche Entwicklungsunterschiede. 4. Die IQ-Werte des CMMS-Test sind in zwei Arbeiten von S. Hirschenfang (1961) mit den IQ-Werten des Binet Tests und mit den IQ-Werten des Goodenough Draw-A-Man Tests verglichen worden. Ihre Korrelationen sind signifikant. (Für IQ CMMS / IQ Binet $r = 0,88$, für IQ CMMS / IQ Goodenough Draw-A-Man $r = 0,82$). Somit korreliert die CMM-Scale ausreichend, um zur Ermittlung der Intelligenzfunktionen von Kindern mit Sprachstörungen eingesetzt zu werden.

(Literatur zum CMM-Scale Testverfahren: BURGEMEISTER, BLUM, LORGE 1954).

Die Intelligenzleistungen der untersuchten Kinder lassen sich folgendermaßen aufschlüsseln.

	Stammler	Kontroll- kinder
	R_{CMM}	R_{CMM}
gesamt	49,1	65,9
1. Gr.	45,0	56,0
2. Gr.	48,1	68,7
3. Gr.	53,9	72,9

2.5 Hypothesen:

Es wurden zunächst Hypothesen entwickelt, die durch die Untersuchungsergebnisse geprüft werden sollten.

1. Je höher die maximale Kohärenz im Alpha-Band, desto höher die Werte der Intelligenzleistung bei Stammlern.

Je höher die Kohärenz bei maximaler Intensität, desto höher die Werte der Intelligenzleistung bei Stammlern (Kohärenz im Alpha-Band).

2. Je höher die dominierende Frequenz im Alpha-Band, desto höher die Werte der Intelligenzleistung bei Stammlern.
3. Je höher die Zahlenwerte der relativen Intensität im Alpha-Band bei Stammlern, desto höher die Werte der Intelligenzleistung.

3. ERGEBNISSE

3.1. Mittelwerte der dominierenden Frequenzen

Die Mittelwerte der dominierenden Frequenzen im Alpha-Band sind in Abb. 10 dargestellt. Die Mittelwerte im Vergleich Stammler zu Kontrollkinder zeigen fast identische Werte. Jedoch ist bei den Kontrollkindern ein Anstieg der Alphasaktivität zu beobachten. Von anfänglich 7,9 Hz im Alter von 3;6 Jahren nimmt die dominierende Frequenz bei einer mittleren Steigung von $\bar{f} = 0,6$ Hz bis 8;9 Hz im Durchschnittsalter von 7;4 Jahren zu. Diesen ansteigenden Verlauf zeigt die Kurve der Mittelwerte der dominierenden Frequenz der Stammler nicht. Bei einer mittleren Standardabweichung von $\bar{f} = 0,65$ Hz betragen die Frequenzwerte bei 5;1 Jahren 8,3 Hz bei 6;1 Jahren 8,5 Hz und bei 6;10 Jahren 8,4 Hz.

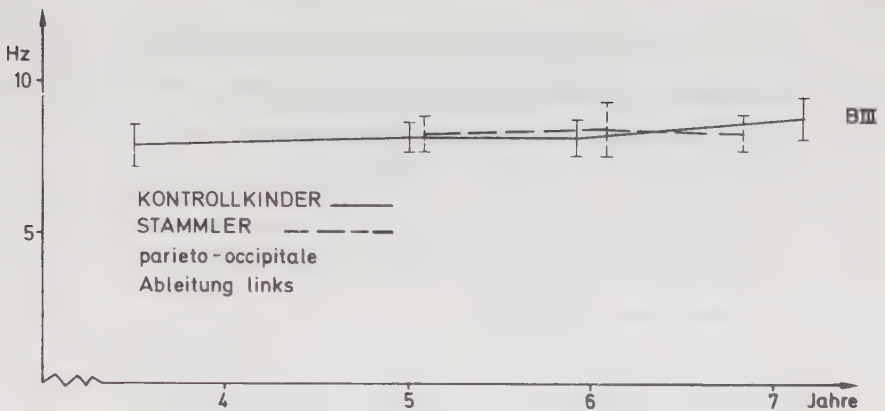


Abb. 10: Mittelwerte und Standardabweichung der dominierenden Frequenz im Alpha-Band

3.2. Korrelation zwischen der dom. Frequenz und Werten der Intelligenzleistung

Die Zahlenwerte der dominierenden Frequenz werden mit Intelligenzwerten aus dem CMM-scale Testverfahren korreliert. Aus Tab. 1 ist zu ersehen:

1. Die dominierende Frequenz im Alpha-Bereich rechts korreliert positiv signifikant auf dem 1 % Niveau ($2\alpha = 0,01$), während
2. die dominierende Frequenz im Alpha-Band links auf dem 5 % Niveau ($2\alpha = 0,05$) signifikant bleibt.

Für die Kontrollkinder sind bei den Korrelationen dominierende Frequenz im Alpha-Band und CMM-scale keine positiven Signifikanzen nachweisbar.

3.3. Die maximale Kohärenz und die Kohärenz bei maximaler Intensität

Aus den Kreuzspektren der parieto-okzipitalen Ableitungen (Abb. 8 und 9) wurden für jedes Kind die Zahlenwerte für die maximale Kohärenz und für die Kohärenz bei maximaler Intensität im Delta-, Theta- und Alpha-Bereich herausgelesen. Das Beta-Band konnte wegen zu geringer Aktivität in vielen Ableitungen nicht ausgewertet werden. Die nach Altersgruppen geordneten Mittelwerte sind in den nachfolgenden Abbildungen 11 - 16 dargestellt. Trotz der relativ großen Streuung sind Trends erkennbar: im Delta- und Alpha-Bereich nimmt die maximale Kohärenz und die Kohärenz bei maximaler Intensität zu. Ihre stärkste Progression erfahren die Kurven hierbei im Altersbereich von 5 - 6 Jahren. Im Theta-Band (B II) sinken die Kohärenzwerte der Kontrollkinder im Altersbereich von 5 - 6 Jahren, während die Werte der Stammler in diesem Zeitraum ansteigen (Abb. 12

und 15). In den anderen Frequenzbereichen (BI und BII) liegen die Kohärenzwerte der Stammler immer unter den Werten der Kontrollkinder, ohne jedoch signifikante Unterschiede aufzuweisen. Die genauen Zahlenwerte hierzu sind in Tab. 2 und 3 aufgeführt.

3.4. Korrelation zwischen der max. Kohärenz und der Kohärenz bei max. Intensität und Werten der Intelligenzleistung

Die Korrelationen zwischen den Kohärenzwerten der Stammler und deren Intelligenzwerten, gemessen mit der CMM-scale, sind für das Alpha-Band signifikant. Dies gilt für die maximale Kohärenz und der Kohärenz bei maximaler Intensität auf dem 5 % Niveau (Tab. 1)

Bei diesen Korrelationen erreichen die Werte der Kontrollkinder nicht annähernd die statistische Signifikanzgrenze Tab. 1,

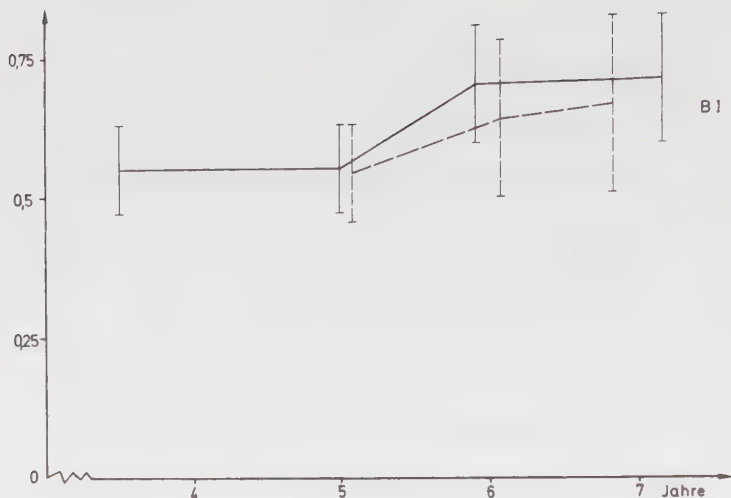


Abb. 11: Mittelwert und Standardabweichung der maximalen Kohärenz im Delta-Band (B I); Stamm-ler (---), Kontrollkinder (—).

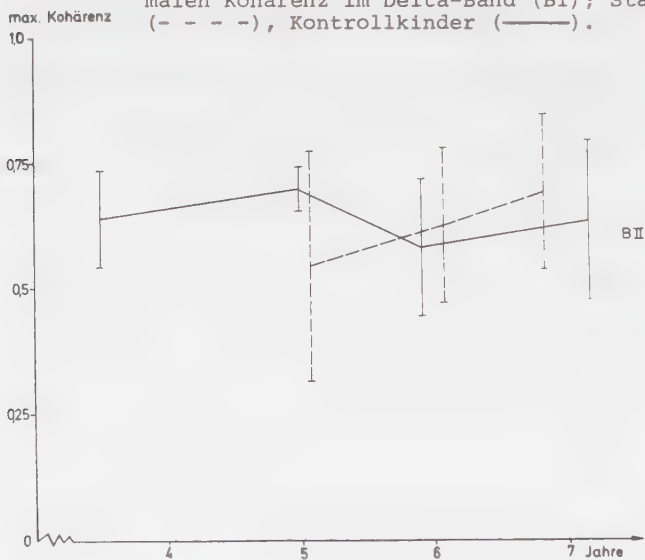


Abb. 12: Mittelwert und Standardabweichung der maximalen Kohärenz im Theta-Band (B II); Stamm-ler (---), Kontrollkinder (—).

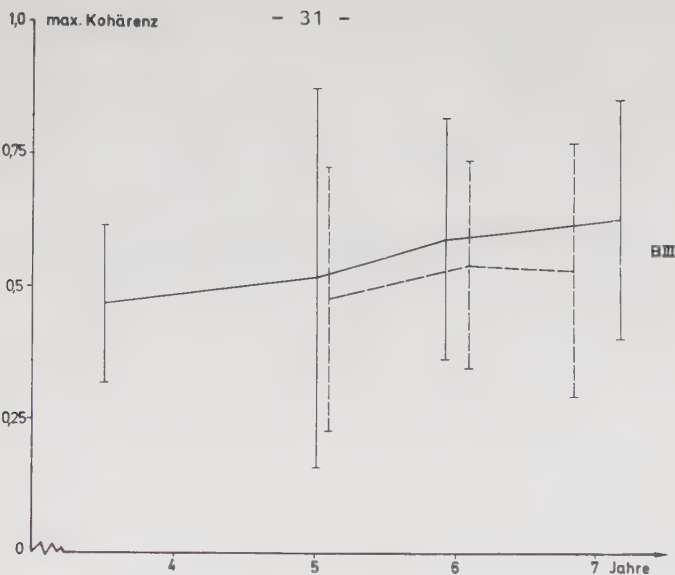


Abb. 13: Mittelwert und Standardabweichung der maximalen Kohärenz im Alpha-Band (B III); Stammler (---), Kontrollkinder (—).

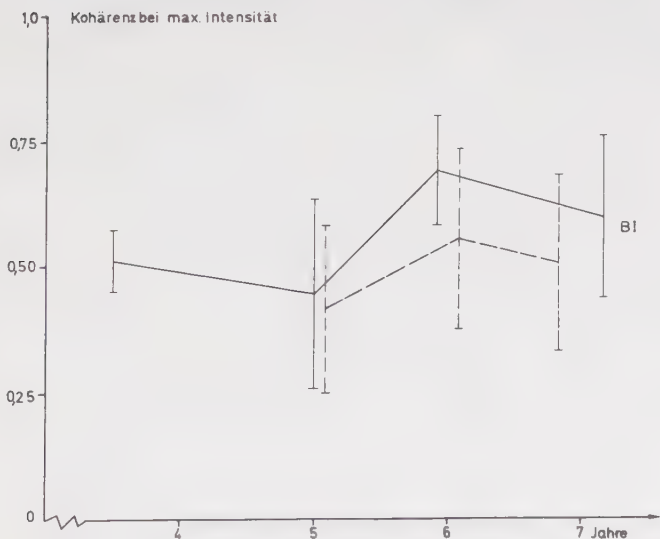


Abb. 14: Mittelwert und Standardabweichung bei der Kohärenz bei maximaler Intensität im Delta-Band (B I); Stammler (---), Kontrollkinder (—).

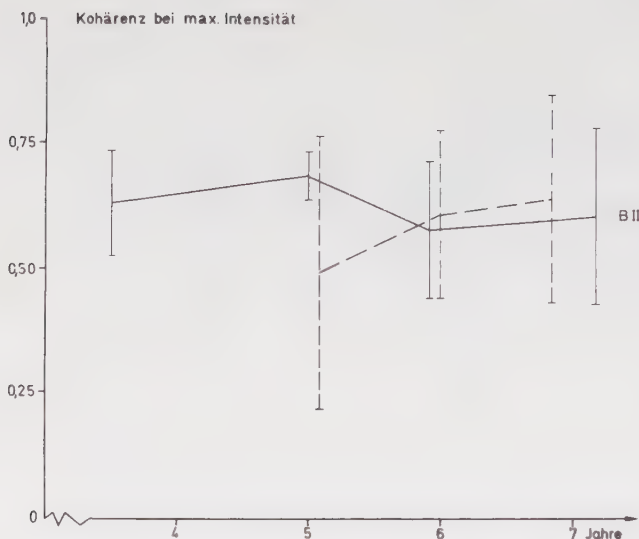


Abb. 15: Mittelwert und Standardabweichung der Kohärenz bei maximaler Intensität im Theta-Band (B II); Stammler (---), Kontrollkinder (—).

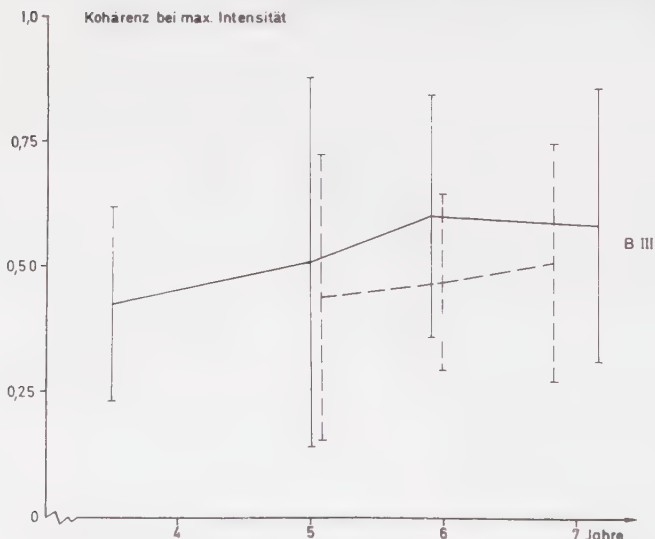


Abb. 16: Mittelwert und Standardabweichung der Kohärenz bei maximaler Intensität im Alpha-Band (B III); Stammler (---), Kontrollkinder (—).

3.5. Darstellung der relativen Intensitäten

Die dreidimensionalen Darstellungen zeigen die Mittelwerte der relativen Intensitäten und dominierenden Frequenzen in Bezug zum Alter für Stammler (Abb.

17 und 18) und Kontrollkinder (Abb. 19 und 20). Die Darstellungen lassen folgende Beurteilung zu:

1. Zwischen der rechten und linken Hemisphäre sind keine wesentlichen Unterschiede zu beobachten.
2. Im Theta-Bereich (B II) ist eine leichte Abnahme der Aktivität (auf beiden Seiten) feststellbar.
3. Delta- und Beta-Aktivität sind über den beobachteten Zeitraum relativ gleich.
4. Eine deutliche Zunahme der Alpha-Tätigkeit ist in beiden Hemisphären nachweisbar. Wegen des kurzen Zeitabschnittes ist eine Verlaufsbeurteilung bei den Stammlern unsicher. Hier stimmt die Intensitätsverteilung nicht mehr mit der Reihenfolge der physiologischen Bandgrenzen, wie es bei den Kontrollkindern der Fall ist, überein, sondern sie verändert sich so, daß dem Delta-Bereich weiterhin der höchste prozentuale Intensitätsanteil bleibt, gefolgt vom Alpha-Bereich, dann erst vom Theta- und Beta-Band. Ferner ist noch zu beobachten, daß Stammler mehr Theta-Bandanteile aufweisen als die Kontrollkinder.

3.6. Korrelation zwischen der relativen Intensität und Werten der Intelligenzleistung

Bei den Korrelationen der relativen Intensität mit Werten der CMM-scale zeigen erneut nur die Stammler signifikante Werte (Tab. 1).

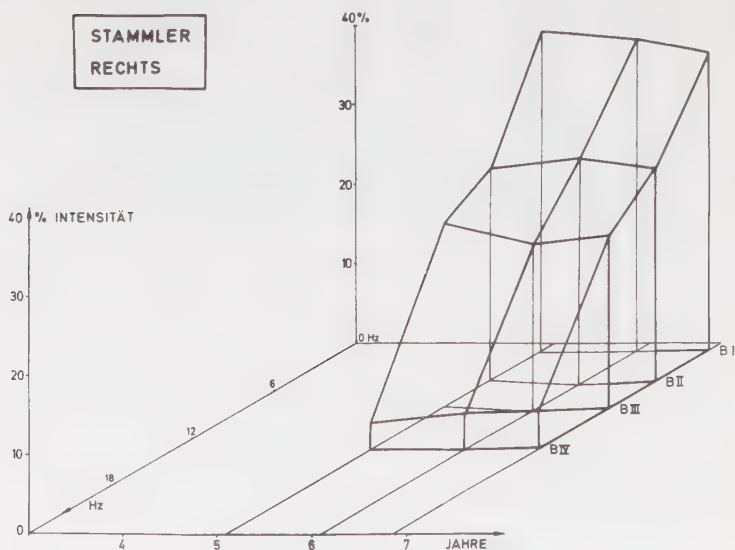


Abb. 17: Mittelwerte der dominierenden Frequenz und relativen Intensität in Relation zum Alter.

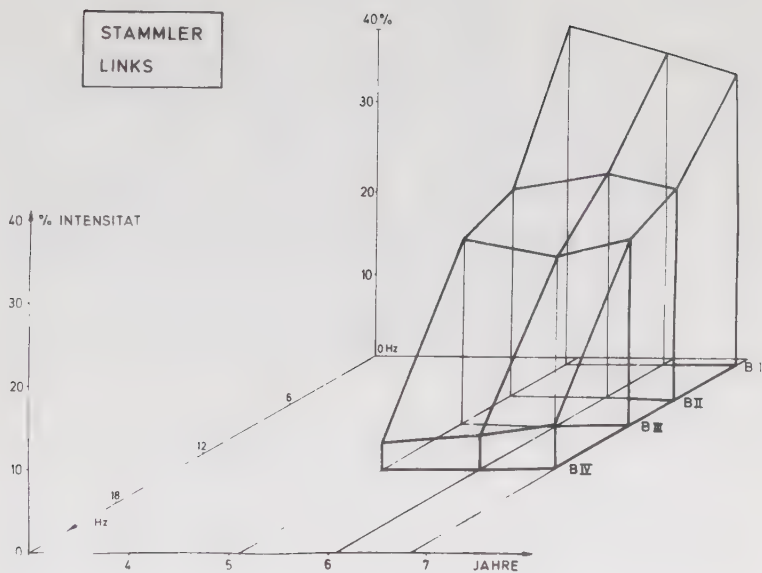
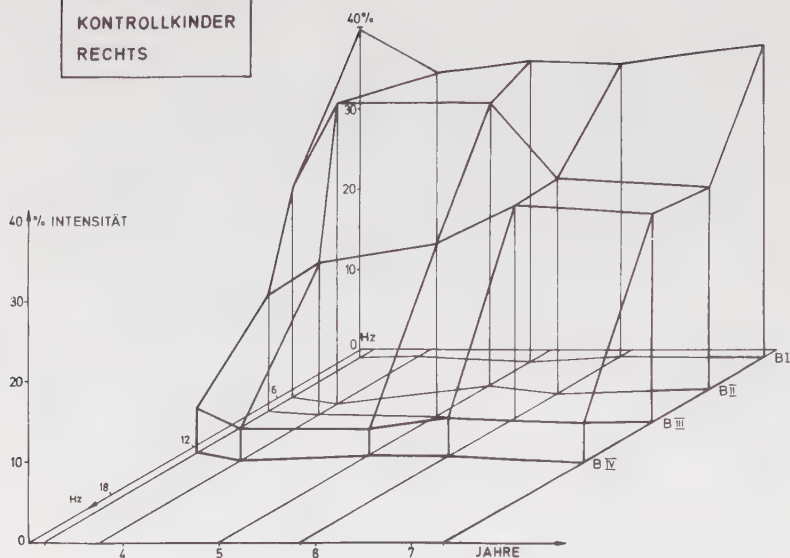


Abb. 18: Mittelwerte der dominierenden Frequenz
und relativen Intensität in Relation zum
Alter

KONTROLLKINDER
RECHTS



KONTROLLKINDER
LINKS

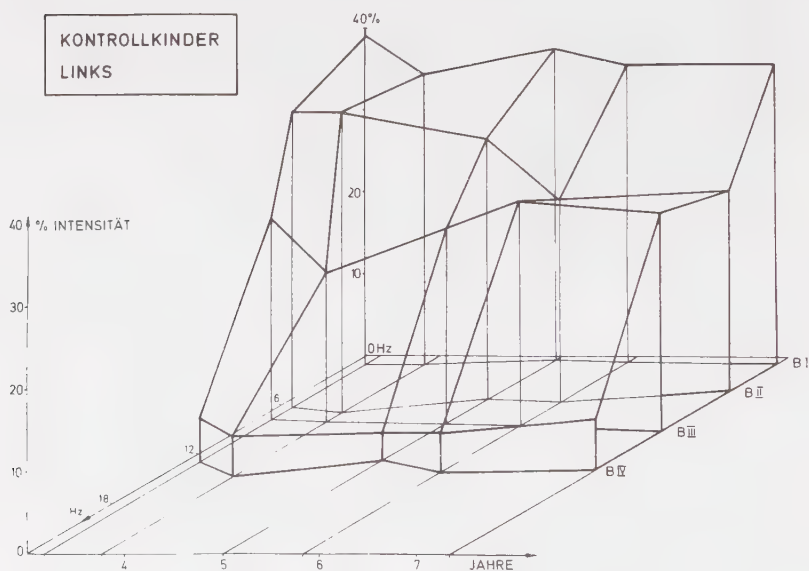


Abb. 19, 20: Mittelwerte der dominierenden Frequenz und relativen Intensität in Relation zum Alter

4. DISKUSSION

Bei der konventionellen Auswertung der Elektroencephalogramme bei sprachgestörten Kindern hat sich gezeigt, daß gegenüber der Norm gehäuft abnorme EEG-Kurven, gekennzeichnet durch unzureichende zeitliche und örtliche Gliederung und vermehrt monomorphe, langsame Wellen zu finden sind. (GENGNAGEL, in Vorbereitung). Dies sind Veränderungen im Frequenzbereich von 3,5 - 7,5 Hz.

Um für die genaueren Untersuchungen nicht nur Werte der visuellen Auswertung zur Verfügung zu haben, wurden die EEG-Ableitungen einer Computeranalyse unterworfen, die graphisch dargestellt und numerisch aufgelistet die dominierenden Frequenzen und deren relativen Intensitätsanteile sowie Kohärenzfunktionen jeweils im Delta-, Theta-, Alpha- und Beta-Frequenzbereich ermittelten.

In den parieto-okzipitalen Ableitungen, und nur diese wurden aus den in dem Kapitel Methode näher ausgeführten Gründen, untersucht, steigt mit zunehmendem Alter die Frequenz der Alpha-Aktivität bei den Kontrollkindern um circa 1 Hz (Altersbereich 4 - 7 Jahre) Abb. 10, 19, 20). Dies deckt sich annähernd

mit den Ergebnissen von LINSLEY (1939) und SMITH (1941), die angeben, daß bis zu einem Alter von ca. 2 Jahren ein steiler Anstieg der Alphaaktivität zu verzeichnen ist, die Kurve dann jedoch abflacht (Zuwachsrate vom 4. bis 7. Lebensjahr bis 0,9 Hz), um sich bis etwa zum 10. Lebensjahr einer Asymptote bei ungefähr 10 - 11 Hz (LINDSLEY) zu nähern. Von PETERSON und EEG-OLOFSON (1970) wird für die Altersspanne von 4 - 7 Jahren ein Frequenzbereich der Alpha-Tätigkeit von rund 0,5 Hz angegeben. Daß dieser Verlauf bei den Stammlern nicht deutlich wird, wird nicht als prinzipieller Unterschied zu den Kontrollkindern gewertet, da der beobachtete Zeitraum kurz und die Streuung relativ groß ist (Abb. 10, 17 und 18). Die dominierenden Frequenzen zeigen auch beim Mittelwertsvergleich der Stammler mit den der Kontrollkinder keine signifikanten Unterschiede Tab. 4 und 5.

Durch eine Arbeit von MARTINIUS und HOOVEY (1972) wurde für die Alpha-Aktivität bekannt, daß einerseits auf Aufmerksamkeitssteigerung hin mit einer quantitativen Zunahme der Alpha-Wellen über den beiden okzipitalen Regionen und andererseits beim richtigen Lösen von Aufgaben mit einem Ansteigen der "interhemisphärischen Synchronie" im Alpha-Bereich

zu rechnen ist.

In meinen Befunden korrelieren die Kohärenzfunktionen aus EEG-Ableitungen in Ruhe (entspannt und mit geschlossenen Augen) mit Werten der Intelligenzleistung bei Stammlern signifikant. Sie werden den entsprechenden Korrelationskoeffizienten von Kontrollkollektiven gegenübergestellt.

Intelligentes Verhalten setzt Aufmerksamkeit voraus oder ist Bedingung für gute intellektuelle Leistung. Wenn für das korrekte Lösen von Aufgaben spezifische Aufmerksamkeit (Intelligenz) notwendig ist und wenn eine eindeutige Korrelation zwischen interhemisphärischer Synchronie und korrektem Lösen von Testaufgaben besteht, ist zu erwarten, daß mit hohen Alpha-Kohärenzen hohe intellektuelle Leistungen einhergehen.

Martinius fand bei dem Vergleich der Mittelwerte der "Alpha-Synchronie" einer Kontrollgruppe mit zwei klinischen Gruppen keine Unterschiede. Insofern sind für die Mittelwerte der Kohärenz des Ruhe-EEG's im Alpha-Bereich auch keine signifikanten Unterschiede zu erwarten (Abb. 13 und 16, Tab. 2 und 3). Anders jedoch, wenn die Werte der interhemisphärischen Kohärenz des Ruhe-EEG's Werten der Intelligenzlei-

stung von Stammlern und Kontrollkindern gegenübergestellt werden.

Nach den Ergebnissen der Korrelationsanalyse ist eine höhere Alpha-Kohärenz bei den Kontrollkindern mit keiner verbesserten Intelligenzleistung verbunden. Die Korrelationswerte der Kontrollkinder zeigen niedrige Werte, wobei bei langsamer Alpha-Aktivität durchaus überdurchschnittliche Intelligenzleistungen zu beobachten sind; umgekehrt lassen hochfrequente Alpha-Tätigkeiten keine hohen Intelligenzleistungen erwarten (siehe auch LAIRY (1975)) (Tab. 1). Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse für die Gruppe der Stammler ergibt im Alpha-Bereich signifikante Ergebnisse (Tab. 1). Bei den Stammlern ist die Variabilität zwischen Alphakohärenz und den Werten der Intelligenzleistung geringer, sodaß es hier statistisch gesehen zu einer positiv signifikanten Abhängigkeit kommt. Daraus ergibt sich die Bestätigung der 1. Hypothese. Aber nicht nur von der Alpha-Kohärenz sind die Werte der Intelligenzleistung bei Stammlern, im Gegensatz zu den Kontrollkindern, statistisch signifikant abhängig, sondern auch von der dominierenden Frequenz und der relativen Intensität im Alpha-Band, entsprechend Hypothese 2 und 3, wobei die relative Inten-

sität links mit $r = 0,33$ knapp an der Signifikanzgrenze liegt. Die Gründe für diese Befunde sind nicht erklärbar.

Der Computer Bio 16 von AEG-Telefunken war nach einer Einführung durch Fachkräfte der Herstellerfirma leicht zu bedienen. Der zeitliche Mehraufwand war gering. Die Daten wurden sofort berechnet und lagen Minuten später in Graphiken und Tabellen vor. Die Brauchbarkeit der quantitativen, automatischen Auswertung zeigte sich deutlich in der Frequenz- und Kohärenzanalyse. Die Häufigkeitsverteilungen und die Durchschnittswerte der dominierenden Frequenzen wurden objektiv berechnet.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Von 34 Kindern mit Sprachstörungen (Stammeln) und 25 unauffälligen Kindern im Alter von 3 - 7 Jahren wurden Elektroencephalogramme in Ruhe abgeleitet und einem Computer zur Analyse zugeführt.

Es konnte gezeigt werden:

1. Die Frequenz der Alphas-Äktivität bei den Kontrollkindern nimmt mit steigendem Alter zu.
2. Im Gegensatz zu den Kontrollkindern sind bei Stammelern signifikante Korrelationen zwischen Alpha-Kohärenz, dominierender Frequenz und relativer Intensität im Alpha-Band der parieto-okzipitalen Areale und den Werten der Intelligenzleistung, gemessen mit der Columbia Mental Maturity Scale, beobachtet worden.

6. LITERATUR

- AEG-Telefunken: Biosignalprozessor Bio 16, Betriebsanleitung der Firma AEG-Telefunken Konstanz, Best.-Nr.: N 41 AC 510373
- BAYLEY, N.: Consistency and Variability in the Growth of Intelligence from Birth to Eighteen Years. J. Gen. Psychol., 75: 165-196 (1949)
- BLOOM, B., S.: Stabilität und Veränderung menschlicher Merkmale. Verlag J. Beltz Weinheim, (1971)
- BRANTE, G.: Studies on Lipids in the Nervous System; with Special Reference to Chemical Determination and Topical Distribution. Acta Physiol. Scand. 18, Suppl. 63, (1949)
- BRAZIER, M., A., B.: Long-persisting Electrical Traces in the Brain of Man and their Possible Relationship to Higher Nervous Activity. The Moscow Colloquium on Electroencephalography of Higher Nervous Activity, H.H. Jasper and G.D. Smirnow (eds.), EEG J. Suppl. 13: 347-358 (1960)
- BURGEMEISTER, B., B., Blum, L., H. and Lorge, J.: The Columbia Mental Maturity Scale. Yonkers-on-Hudson, N.Y. (1954)
- BUSEMANN, A.: Psychologie der Intelligenzdefekte. Verlag E. Reinhardt, München/Basel: 402-404, 431-466 (1971)
- COOLEY, J., W., Tukey, J., W.: An Algorithm for the Maschine Computation of Complex Fourier Series. Math. Compt. 19: 227 (1965)

- CRITCHLEY, Mac D.: Speech and Speech-loss in the Relation to Duality of the Brain, in: Inter-hemispheric Relation and Cerebral Dominance. V.B. Mountcastle: 208-213, The John Hopkins University Press, Baltimore (1962)
- CYRUS, D.: The Relation of General Intelligence to Certain Mental and Physical Traits. Teachers College, Columbia University, N.Y. (1916)
- EGGERT, D.: Zur Diagnose der Minderbegabung. Ein Hand- und Textbuch für Testbatterien für geistig behinderte Kinder. TBGB. Verlag J. Beltz Weinheim (1972)
- FOLCH-PI, J.: Composition of the Brain in Relation to Maturation, in First Biochemistry of the Developing Nervous System. Academic Press, N.Y. (1955)
- GENGNAGEL, J.: EEG-Veränderungen bei sprachentwicklungs-gestörten Kindern. Inaugural-Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität, München
In Vorbereitung (1975)
- GIBBS, F., A. and Knott, J., R.: Growth of the Electrical Aktivity of the Cortex. EEG and Clin. Neurophysiol. 1: 223-229 (1949)
- GÜNTHER, H., Starck, M., Wengert, D.: Der Biosignal-prozessor Bio 16, ein Rechnersystem zur simul-tanen 12-Kanal-Echtzeitanalyse des Elektorence-phalogramms im Frequenz- und Zeitbereich. Daten-verarbeitung AEG-Telefunken 1/2, Berlin (1973)

- GUTZMANN, H.: Lehrbuch der Sprachheilkunde. 3. Aufl.
Berlin (1924)
- HAYS, W., L.: Statistics for Psychologist. Holt, Rinehart and Winston N.Y. (1963)
- HEINIS, H.: La loi du développement mental. Archives de Psychol., 74: 97-128 (1924)
- HIRSCHENFANG, S.: A Comparison of the Revised CMMS and Goodenough Draw-A-Man Test in Children with Speech Disorders. J. Clin. Psychol. 17: 381-382 (1961 a)
- HIRSCHENFANG, S.: Further Studies on the CMMS and Revised Stanford-Binet Test in Children with Speech Disorders. J. Clin. Psychol. 17: 171 (1961 b)
- KRAMER, J.: Wenn Kinder stammeln. Bedrohte Jugend-Drohende Jugend 11 (1957)
- KUGLER, J.: Elektroencephalographie in Klinik und Praxis. Georg Thieme-Verlag Stuttgart, 2. Auflage (1966)
- LAIRY, G., C.: The Evolution of the EEG from Birth and Adulthood, in Rémond Handbook of Electroencephalographic and Clinical Neurophysiology, 6 B: 1-117 (Elsevier, Amsterdam 1975)
- LENNEBERG, E., H.: Biologische Grundlagen der Sprache. Verlag Surkamp Frankfurt (1972)

- LINDSLEY, D., B.: A Longitudinal Study of the Occipital Alpha Rhythm in Normal Children Frequency and Amplitude Standards. *J. Genet. Psychol.*, 55: 197-213 (1939)
- LUCHSINGER, R. und Arnold, G., E.: Handbuch der Stimm- und Sprachheilkunde Bd. 2, Verlag Springer, Wien, N.Y. (1970)
- MARTINIUS, J., W. and Hoovey, Z., B.: Bilateral Synchrony of Occipital Alpha Waves, Oculomotoric Activity and "Attention" in Children. *EEG and Clin. Neurophysiol.*, 32: 349-356 (1972)
- MCALLISTER, A., H.: Clinical Studies in Speech Pathology. *Br. J. Dis. Comun.*, 1: 3 (1966)
- MILNER, B.: Laterality Effects of Audition, in Inter-hemispheric Relations and Cerebral Dominance. V.B. Mountcastle: 117-129, The John Hopkins University Press, Baltimore (1962)
- NICOLSON, P., J.: Algebraic Theory of Finite Fourier Transforms. *J. Camp. and Syst. Sciences* 5: 524-547 (1971)
- PETERSON, J., Eeg-Olofsson, O.: The Development of the Electroencephalogramm in Normal Children and Adolescents from Age of 1 Through 21 Years. *Acta Paediat. Scand.*, Suppl., 208: 1-46 (1970)
- RANKE, O., F., Lullies, H.: Gehör, Stimme und Sprache. Verlag Springer, Berlin, N.Y. (1953)
- SCHADÉ, J., P. and Groeningen van, W., B.: Structural Organisation of the Human Cerebral Cortex. *Acta Anat.*, 47: 74-111 (1961)

- SMITH, J., R.: The Frequence Growth of the Human Alpha Rhythms During Normal Infancy and Childhood. J. Psychol., 11: 177-198 (1941)
- STOCHDORPH, O.: Vegetatives Nervensystem- vegetative Dystonie. Münch. med. Wschr. 115/23: 1082-1088 (1973)
- THORNDIKE, E., L.: The Measurement of Intelligence. Teachers College, Columbia University N.Y. (1927)
- THURSTONE, L., L. and Ackerson, L.: The Mental Growth Curve for the Binet Test. J. Educ. Psychol., 20: 569-583 (1929)
- UNDEUTSCH, U.: Entwicklung und Wachstum, Handbuch der Psychologie 3: 80-103 (1958)
- WEAVER, C., H., Furbee, C. and Everhart, R., W.: Paternal Occupational Class and Articulatory Defects in Children. J. Speech Dis., 25: 171-175 (1960)
- WEINSTEIN, S.: Differences of Brain Wounds Implicating Right or Left Hemispheres: Differential Effects on Certain Intellectual and Complex Perceptual Functions, in Interhemispheric Relation and Cerebral Dominance. V.B. Mountcastle: 159-176, The John Hopkins University Press, Baltimore (1962)

7. ANHANG

Erläuterungen zu den Tabellen

Tabelle 1:

Partielle Korrelationskoeffizienten zwischen den Zahlenwerten der CMM-scale und den Zahlenwerten der maximalen Kohärenz, der Kohärenz bei maximaler Intensität, der dominierenden Frequenz rechts/links und der relativen Intensität rechts/links mit dem Alter in Monaten als bedingte Variable (Alter = konstant). Die partielle Korrelationskoeffizienten der Stammler und Kontrollkinder wurden im jeweiligen Frequenz- und Altersbereich nach folgender Formel verglichen:

$$r \rightarrow z ; \frac{z_1 - z_2}{\sqrt{\frac{1}{n_1-3} + \frac{1}{n_2-3}}}$$

B₁-B₄ bezeichnen die physiologischen Bandgrenzen (siehe 2.3.2.).

Die Signifikanzgrenze wurde einer Tabelle für Normalverteilung entnommen und nach der Methode von HAYS (1963) überprüft.

Tab. 2 bis 7 zur orientierten Prüfung auf Unterschiede der Mittelwerte von Kohärenzen, dominierender Frequenz und Intensität wurden die Signifikanzgrenzen der t-Verteilung mit den Freiheitsgraden $n_1 + n_2 - 2 = K$ errechnet. Keiner der hierbei ermittelten t-Werte erreichte bei K 6 bis 28 die Signifikanzgrenze $2\alpha < 0,05$.

St: Stammler; KK: Kontrollkinder; δ : Streuung;
t: Ergebnis des Mittelwertvergleichs;
n: Anzahl der Versuchspersonen innerhalb einer Altersgruppe.

S T A M M L E R

		Koh.bei							
part.	B ₁	max.Koh.	n	max.Int.	n	dom.Fr.r.	dom.Fr.l.	rel.Int.l.	rel.Int.l.
Korrel.	B ₂	0,27	33	0,23	32	-0,12	0,12	-0,08	-0,09
CMM	B ₃	0,42 ^x	33	0,35 ^x	32	0,49 ^{xx}	0,38 ^x	0,44 ^{xx}	0,33
Alter	B ₄					0,09	0,00	-0,09	0,06

(n = 34)

K O N T R O L L K I N D E R

		Koh.bei							
part.	B ₁	max.Koh.	n	max.Int.	n	dom.Fr.r.	dom.Fr.l.	rel.Int.l.	rel.Int.l.
Korrel.	B ₂	0,11	18	0,08	18	0,31	0,47	0,07	0,22
CMM	B ₃	-0,02	18	0,04	18	-0,40	-0,50 ^x	-0,22	-0,19
Alter	B ₄					0,16	0,20	-0,17	-0,33

Signifikanz gegen Null

(n = 17)

x: 2 Alpha = 0,05
xx: 2 Alpha = 0,01

Tabelle 1

Mittelwertsvergleich der maximalen Kohärenz für Stammler und Kontrollkinder
in den Altersgruppen

		Gr. 1				Gr. 2				t	n
		D	b	t	n	D	b	t	n		
B ₁	St	0,54	0,09		4	0,63	0,14		21		8
	KK	0,54	0,09	0,00	4	0,69	0,10	1,03	6	0,16	9
B ₂	St	0,54	0,23		4	0,61	0,15		21		8
	KK	0,69	0,04	1,33	4	0,57	0,14	0,61	6	0,17	8
B ₃	St	0,48	0,25		4	0,53	0,17		21		8
	KK	0,51	0,35	0,18	4	0,59	0,23	0,50	6	0,20	8

Tabelle 2

Mittelwertsvergleich der Kohärenz bei maximaler Intensität für Stammler und Kontrollkinder in den Altersgruppen

	Gr. 1			Gr. 2			Gr. 3		
	D	t	n	D	t	n	D	t	n
B ₁									
St	0,41	0,16	4	0,58	0,19	21	0,50	0,17	8
KK	0,44	0,19	4	0,68	1,27	6	0,61	1,12	8
B ₂									
St	0,48	0,27	4	0,59	0,17	20	0,63	0,24	8
KK	0,68	1,42	4	0,57	0,34	6	0,60	0,24	8
B ₃									
St	0,43	0,28	4	0,46	0,17	20	0,50	0,24	8
KK	0,50	0,32	4	0,59	1,44	6	0,63	0,19	8

Tabelle 3

Mittelwertsvergleich der dominierenden Frequenz in Hz für Stammler und Kontrollkinder
in den Altersgruppen

		dominierende Frequenz rechts											
		Gr.1		Gr.2		Gr.3							
		D	t	D	t	D	t	D	t	D	t	D	t
		St	n	St	n	St	n	St	n	St	n	St	n
B ₁	St	1,13	0,95	0,99	0,91	0,88	1,10	0,88	1,10	0,88	1,10	0,88	1,10
	KK	1,45	1,42	0,80	0,53	1,03	0,64	1,03	0,64	1,03	0,64	1,03	0,64
B ₂	St	4,83	1,81	5,28	1,62	4,76	1,45	4,76	1,45	4,76	1,45	4,76	1,45
	KK	4,38	1,11	5,57	1,45	5,08	1,38	5,08	1,38	5,08	1,38	5,08	1,38
B ₃	St	8,20	0,63	8,59	0,85	8,19	0,60	8,19	0,60	8,19	0,60	8,19	0,60
	KK	8,15	0,54	8,27	1,01	8,80	0,76	8,80	0,76	8,80	0,76	8,80	0,76
B ₄	St	13,60	1,50	13,56	1,49	13,30	0,70	13,30	0,70	13,30	0,70	13,30	0,70
	KK	13,53	1,86	12,93	0,56	14,61	2,48	14,61	2,48	14,61	2,48	14,61	2,48

Tabelle 4

1
5
3
1

Mittelwertvergleich der dominierenden Frequenz in Hz für Stammler und Kontrollkinder
in den Altersgruppen

dominierende Frequenz links

	Gr. 1				Gr. 2				Gr. 3			
	D	t	n	D	t	n	D	t	n	D	t	n
St.	0,78	0,21	4	0,75	0,66	22	0,88	1,10	8			
B ₁												
KK	-	-	-	0,73	0,31	6	0,91	0,68	8			
St.	4,83	1,81	4	4,90	1,42	22	5,24	1,72	8			
B ₂												
KK	5,25	1,50	4	5,77	1,23	6	4,20	0,66	8			
St.	8,28	0,61	4	8,51	0,89	22	8,38	0,62	8			
B ₃												
KK	8,15	0,44	4	8,12	0,60	6	8,91	0,65	8			
St.	13,95	2,25	4	12,98	1,81	22	13,75	1,57	8			
B ₄												
KK	12,83	0,39	4	13,33	0,75	6	14,55	2,53	8			

Tabelle 5

Mittelwertvergleich der relativen Intensitäten für Stammler und Kontrollkinder in den Altersgruppen

relative Intensität rechts

	Gr.1			Gr.2			Gr.3		
	D	t	n	D	t	n	D	t	n
B ₁	St	40,43	12,76	4	6	22	37,66	8,60	8
	KK	37,28	8,50	4	0,41	0,55	34,80	6,59	8
B ₂	St	26,80	7,87	4	1,36	22	26,80	8,90	8
	KK	35,08	9,28	4	0,26	6	24,01	10,21	8
B ₃	St	23,30	10,47	4	8,63	22	21,66	6,65	8
	KK	21,43	14,64	4	0,47	6	31,50	12,51	8
B ₄	St	3,43	0,87	4	1,70	22	4,89	3,58	8
	KK	3,23	0,68	4	0,31	6	4,93	2,23	8

Tabelle 6

Mittelwertsvergleich der relativen Intensitäten für Stammler und Kontrollkindern
in den Altersgruppen
relative Intensität links

		Gr.1			Gr.2			Gr.3		
		D	t	n	D	t	n	D	t	n
B ₁	St	41,70	12,71	4	38,54	8,40	22	36,05	10,45	8
	KK	38,03	0,55	4	37,77	0,20	6	33,63	0,53	8
B ₂	St	25,25	8,43	4	27,77	9,86	22	26,10	9,26	8
	KK	31,80	1,11	4	27,12	0,09	6	23,49	0,53	8
B ₃	St	22,58	13,26	4	20,76	10,27	22	23,00	6,85	8
	KK	23,08	0,14	4	23,55	0,63	6	31,39	1,51	8
B ₄	St	3,40	1,31	4	5,31	2,05	22	5,50	3,60	8
	KK	3,35	0,07	4	4,75	0,63	6	5,96	0,28	8

Tabelle 7

Ich danke Herrn Professor Kugler für die Überlassung des Themas, Herrn Dr. Castell für die vielen Anregungen zu dieser Arbeit, Frau Laub für die unerlässliche Mithilfe bei der Abwicklung des Versuchs und Herrn Sproed (AEG-Telefunken) für technische Beratung bei der Computeranalyse.

Lebenslauf

Geboren am 13. November 1947 in Augsburg als Sohn der Eheleute Dr. Gerhard Schröder und Frau Carola, geb. Voss. Ich habe eine 1 1/2 Jahre jüngere Schwester.

1954/58	Volksschule in Augsburg
1958/59	Realgymnasium Augsburg
1959/63	Realgymnasium im Landschulheim Schöndorf am Ammersee
1963/66	Realschule im Landschulheim Craheim bei Schweinfurt mit Abschluß der mittleren Reife. Gleichzeitig 3jährige Lehrausbildung als Tischler mit Facharbeiterbrief.
1966/69	Bayernkolleg Augsburg, Staatliches Institut zur Erlangung der Hochschulreife (zweiter Bildungsweg) mit Abitur am 28.3.1969
Sommer 69	Banklehre bei der Deutschen Bank in Hamburg
Okt. 1969	Einberufung zum Wehrdienst, von Januar 1970 - Sommer 1971 Ersatzdienst im Großkrankenhaus München/Schwabing
Sommer 1971	Zulassung zum Medizienstudium an der LMU.

